

Peramalan Volume Pemakaian Air Sektor Rumah Tangga di Kabupaten Gresik dengan Menggunakan Fungsi Transfer

Dwi Listya Nurina dan Irhamah

Jurusan Statistika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: irhamah@statistika.its.ac.id

Abstrak—Pemerintah Kabupaten Gresik melalui PDAM, saat ini hanya mampu melayani sekitar 30% kebutuhan air bersih bagi masyarakat. Berbagai upaya terus dilakukan untuk memenuhinya, termasuk mengantisipasi kebutuhan air bersih dimasa mendatang yang pasti akan semakin meningkat seiring perkembangan kota Gresik. Hal ini yang mendasari dilakukan penelitian untuk meramalkan volume pemakaian air di Kabupaten Gresik menggunakan analisis fungsi transfer. Analisis difokuskan pada sektor rumah tangga yang peruntukannya mencapai 85% dari total yang bisa dilayani PDAM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume pemakaian air bulan ini dipengaruhi oleh volume pemakaian air pada dua belas dan dua puluh empat bulan sebelumnya, serta dipengaruhi oleh jumlah penduduk pada delapan, dua puluh dan tiga puluh dua periode sebelumnya. Penggunaan fungsi transfer memberikan hasil ramalan yang relatif baik dengan nilai MAPE sebesar 3.89%.

Kata Kunci—ARIMA, Fungsi Transfer, Volume Pemakaian Air, Jumlah Pelanggan.

I. PENDAHULUAN

PENYEDIAAN air bersih untuk masyarakat mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan kesehatan lingkungan atau masyarakat, yaitu mempunyai peranan dalam menurunkan angka penderita penyakit, khususnya yang berhubungan dengan air, dan berperan dalam meningkatkan standar atau taraf/kualitas hidup masyarakat [1]. Ketersediaan air di dunia sangat melimpah tetapi tidak banyak yang dapat dikonsumsi oleh manusia. Dari total jumlah air yang ada, hanya 5% yang tersedia sebagai air minum, sedangkan sisanya merupakan air laut. Semakin meningkatnya populasi maka semakin besar juga kebutuhan air minum dan kebutuhan akan air bersih semakin meningkat. Sampai saat ini, penyediaan air bersih untuk masyarakat di Indonesia masih dihadapkan pada beberapa permasalahan yang belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai saat ini yaitu masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat.

Menurut Permendagri No. 23 tahun 2006 tentang Pedoman Teknis dan Tata Cara Pengaturan Tarif Air Minum pada Perusahaan Daerah Air Minum, Departemen dalam Negeri Republik Indonesia, Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum [2], untuk memenuhi kebutuhan air bersih, maka dibangun beberapa pengolahan air bersih yang dikelola oleh Badan Usaha Milik Negara yaitu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Kebutuhan air yang dikelola oleh PDAM diantaranya adalah untuk sosial umum,

sosial khusus, rumah tangga, instansi pemerintah, niaga kecil, niaga besar, industri kecil, industri besar, dll. Penelitian ini dilakukan analisis mengenai kebutuhan air untuk sektor Rumah Tangga, karena kebutuhan air bagi pelanggan di Gresik mencapai 560 liter/detik [3], dimana 85% diperuntukkan bagi kebutuhan masyarakat sedangkan 15% untuk industri [4].

Berbagai penelitian telah dilakukan sebelumnya terhadap volume pemakaian air diantaranya adalah Pradhani (2012) meneliti peramalan volume distribusi air di PDAM kabupaten bojonegoro dengan metode arima box-jenkins [6], Handayani (2011) meneliti analisis peramalan terhadap volume pemakaian air di PT. Angkasa Pura I Juanda Surabaya [7], Aristia (2011) meneliti peramalan produksi air dengan metode arima di perusahaan daerah air minum (PDAM) surya semba Surabaya [8], Anam (2010) meneliti analisis fungsi transfer untuk meramalkan volume air di waduk pacal kabupaten bojonegoro Jawa Timur [9], Yumiharti (2009) meneliti peramalan volume konsumsi air PDAM kota Surabaya dengan metode regresi runtun waktu [10].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Metode Time Series

1. Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)

ACF ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi model data *time series* dan melihat kestasioneran data dalam mean yang di notasikan dengan ρ_k [5]:

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(X_t, X_{t+k})}{\sqrt{\text{var}(X_t)}\sqrt{\text{var}(X_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (1)$$

dimana $\text{Var}(X_t) = \text{Var}(X_{t+k}) = \gamma_0$

Sedangkan fungsi autokorelasi yang dihitung berdasarkan sampel pengambilan data dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2} \text{ untuk } k = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

Fungsi autokorelasi parsial digunakan untuk melihat korelasi antara X_t dengan X_{t+k} , setelah dependensi linier dalam variabel $X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_{t+k-1}$ dihilangkan, maka korelasinya adalah sebagai berikut

$$\text{Corr}(X_t, X_{t+k} | X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_{t+k-1}) \quad (3)$$

Dalam pengamatan *time series* dimana sampel PACF dinotasikan dengan $\hat{\phi}_{kk}$ dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\hat{\phi}_{k+1,k+1} = \frac{\hat{\rho}_{k+1} - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_{k+1-j}}{1 - \sum_{j=1}^k \hat{\phi}_{kj} \hat{\rho}_j} \quad (4)$$

dimana, $\hat{\phi}_{k+1,j} = \hat{\phi}_{kj} - \hat{\phi}_{k+1,k+1}\hat{\phi}_{k,k+1-j}$ untuk $j = 1, 2, \dots, k$

2. Model ARIMA

Model ARIMA (p,d,q) merupakan model campuran ARMA (p,q) yang mengalami perbedaan orde d. Secara umum persamaan model ARIMA (p,d,q) adalah :

$$\phi_p(B)(1-B)^d X_t = \theta_q(B)a_t$$

$$(1 - \phi_1 B + \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1-B)^d X_t = (1 - \theta_1 B - B^2 - \dots - \theta_q B^q)a_t \quad (5)$$

B. Fungsi Transfer

Model fungsi transfer adalah suatu model yang menggambarkan bahwa nilai prediksi masa depan dari suatu *time series* (disebut deret output atau Y_t) berdasarkan pada nilai masa lalu dari *time series* itu sendiri dan berdasarkan pada satu atau lebih *time series* yang berhubungan (disebut deret input atau X_t) [5]. Model umum dari fungsi transfer adalah :

$$y_t = v(B)x_t + n_t \quad (6)$$

$$= v_0 x_t + v_1 x_{t-1} + \dots + n_t$$

dimana y_t adalah deret output, x_t adalah deret input, n_t merupakan deret noise

$$v(B) = \sum_{j=0}^{\infty} v_j B^j$$

Dalam fungsi transfer $v(B)$ dituliskan dalam bentuk :

$$v(B) = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} \quad (7)$$

dimana

$$\omega_s(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s \quad \text{dan} \quad \delta_r(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r$$

Bentuk model fungsi transfer single input adalah

$$y_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} B^b x_t + n_t \quad \text{atau} \quad y_t = \frac{\omega_s(B)}{\delta_r(B)} x_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (8)$$

Tahap Identifikasi Model Fungsi Transfer :

1. Prewhitening deret input

$$\alpha_t = \frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)} x_t \quad (9)$$

dimana nilai α_t adalah deret input yang telah mengalami prewhitening

2. Prewhitening deret output

$$\beta_t = \frac{\phi_y(B)}{\theta_y(B)} Y_t \quad (10)$$

3. Fungsi korelasi silang (*cross correlation function*)

4. Penetapan (b, r, s) untuk model fungsi transfer

5. Identifikasi Model deret noise (n_t)

Taksiran awal dari deret noise adalah

$$\hat{n}_t = y_t - \hat{v}(B)x_t = y_t - \frac{\hat{\omega}(B)}{\hat{\delta}(B)} B^b x_p \quad (11)$$

model sementara dari deret noise di atas dapat diidentifikasi dengan menyelidiki ACF dan PACF

$$\phi(B)n_t = \theta(B)a_t \quad (12)$$

sehingga dengan mengkombinasikan kedua persamaan tersebut dapat diperoleh model fungsi transfer :

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (13)$$

Diagnostic Checking dari Model Fungsi Transfer :

1. Pemeriksaan autokorelasi residual model

$$Q_1 = m(m+2) \sum_{j=1}^K (m-j)^{-1} \hat{\rho}_a^2(j) \quad (14)$$

Statistik Q akan mengikuti distribusi X^2 dengan derajat bebas (K-p-q) yang hanya tergantung pada jumlah parameter model deret noise.

2. Perhitungan *Cross-Correlation* residual dengan input *Prewhitening*.

$$Q_0 = m(m+2) \sum_{j=1}^K (m-j)^{-1} \hat{\rho}_{\alpha,\hat{\alpha}}^2(j) \quad (15)$$

yang akan mengikuti distribusi X^2 dengan derajat bebas (K+1)-M, M adalah banyaknya parameter (ω_s dan δ_r).

Dimana $m = n - t_0 + 1$

C. PDAM Kabupaten Gresik

PDAM Kabupaten Gresik adalah salah satu Perusahaan Daerah Air Minum yang diberi tugas mengelola air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Kabupaten Gresik yang tersebar baik di dalam kota maupun di pedesaan. Tugas pengelolaan ini cukup berat, karena salah satu sisi PDAM Kabupaten Gresik merupakan Badan Usaha yang sudah barang tentu mempunyai tujuan untuk memperoleh keuntungan (fungsi bisnis), dilain pihak PDAM Kabupaten Gresik diberi tugas oleh Pemerintah Daerah untuk memberi pelayanan kepada masyarakat sampai golongan bawah agar mendapatkan air bersih sesuai dengan standar kesehatan dengan tarif yang terjangkau oleh masyarakat bawah (fungsi sosial).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Perusahaan Air Minum Daerah (PDAM) di Kabupaten Gresik. Data tersebut adalah data volume pemakaian air bulanan, dengan variabel y_t adalah volume pemakaian air untuk sektor Rumah Tangga dan x_t adalah jumlah pelanggan untuk sektor Rumah Tangga, dimana data in sampel mulai Januari 2000-Desember 2011 sebanyak 144 data, dan data out sampel mulai Januari 2012-Desember 2012 sebanyak 12 data.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan deret input (jumlah pelanggan) dan deret output (volume pemakaian air)
2. Melakukan identifikasi pada *time series* plot, plot ACF dan PACF. Jika tidak stasioner dalam varians maka dilakukan transformasi, sedangkan tidak stasioner dalam *mean* maka dilakukan *differencing*.
3. Penentuan model ARIMA untuk jumlah pelanggan
4. Melakukan uji kesesuaian model dengan memenuhi asumsi *white noise* dan kenormalan.
5. Melakukan *prewhitening* pada deret input untuk memperoleh α_t .
6. Melakukan *prewhitening* pada deret output untuk memperoleh β_t .
7. Melakukan perhitungan korelasi silang dan autokorelasi untuk deret input dan output yang telah di *prewhitening*.
8. Menetapkan nilai (b, r, s) yang menghubungkan deret input dan output untuk menduga model fungsi transfer.
9. Identifikasi deret *noise* (n_t)
10. Menetapkan (p_n, q_n) untuk model ARIMA ($p_n, 0, q_n$) dari deret noise (n_t).
11. Penaksiran parameter model fungsi transfer
12. Uji diagnostik model fungsi transfer dengan menghitung autokorelasi untuk nilai sisa model (b, r, s) yang

menghubungkan deret output dan deret input dan menghitung korelasi silang antara nilai sisa dengan residual (a_t) yang telah di *prewhitening*.

13. Melakukan peramalan nilai-nilai yang akan datang dengan fungsi transfer.

IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

A. Permodelan dengan ARIMA Pada Deret input (Jumlah Pelanggan untuk Sektor Rumah Tangga)

Proses permodelan ARIMA dapat dilakukan dengan menggunakan *Time Series Plot* serta *Plot ACF*. *Time Series plot* dari deret input (jumlah pelanggan) menggunakan data in sampel mulai bulan Januari 2000 sampai bulan Oktober 2012 sebanyak 154 data.

Gambar 1. menunjukkan bahwa pada deret input jumlah pelanggan untuk sektor rumah tangga belum stasioner terhadap mean, sehingga untuk menstasionerkan data, maka perlu dilakukan *differencing*.

Gambar 2. menunjukkan bahwa pada deret input jumlah pelanggan untuk sektor rumah tangga sudah stasioner terhadap varians, dengan nilai estimasi λ pada deret input jumlah pelanggan untuk sektor rumah tangga sebesar 2.00 maka tidak perlu dilakukan transformasi Box-Cox.

Pada plot ACF (Gambar 3a) terdapat *lag* yang keluar pada pengamatan ke-1,2,3,6,19 dan pada plot PACF (Gambar 3b) terdapat *lag* yang keluar pada pengamatan ke-1,6,13,38. Sehingga dapat ditentukan pendugaan sementara dari model ARIMA yaitu ARIMA (1,1,1), ARIMA ([1,6,13],1,[3]), ARIMA ([1,6],1,[1,3]), ARIMA ([1,6],1,[3,19]), ARIMA ([1,6],1,[1,3,19]), ARIMA ([1,13],1,[1,6,19]), ARIMA ([1,6,13],1,[1,3]), dan ARIMA ([1,6,13],1,[3,19]).

Setelah mendapatkan pendugaan awal model ARIMA pada data jumlah pelanggan untuk sektor rumah tangga, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan penaksiran parameter dan dilakukan pengujian parameter dari pendugaan model ARIMA untuk menentukan parameter yang signifikan atau tidak signifikan, memenuhi asumsi *White Noise* dan berdistribusi normal. Pendugaan sementara dari model ARIMA yang memenuhi ketiga asumsi tersebut adalah model ARIMA (1,1,1), ARIMA ([1,6,13],1,[3]), ARIMA ([1,6],1,[1,3]), ARIMA ([1,6],1,[3,19]), ARIMA ([1,6],1,[1,3,19]), ARIMA ([1,13],1,[1,6,19]), ARIMA ([1,6,13],1,[1,3]), dan ARIMA ([1,6,13],1,[3,19]), dimana model ARIMA terbaik adalah ARIMA([1,6,13],1,[3,19]) dengan nilai AIC sebesar 1864.858.

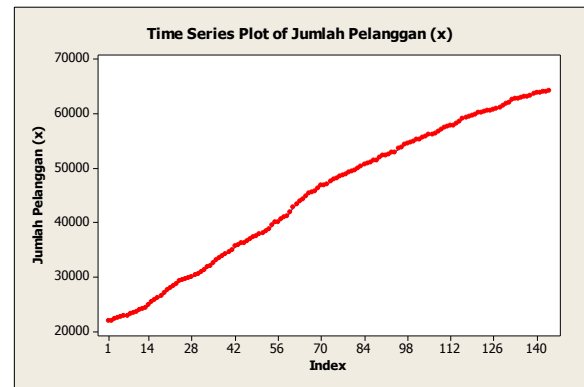
Berdasarkan pemilihan model terbaik didapatkan model ARIMA ([1,6,13],1,[3,19]) yang dapat ditulis pada persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_t = & X_{t-1} + 0.30209X_{t-1} - 0.30209X_{t-2} + 0.40904X_{t-6} \\ & - 0.40904X_{t-7} + 0.20731X_{t-13} \\ & - 0.20731X_{t-14} + a_t + 0.23136a_{t-3} \\ & + 0.26325a_{t-19} \end{aligned}$$

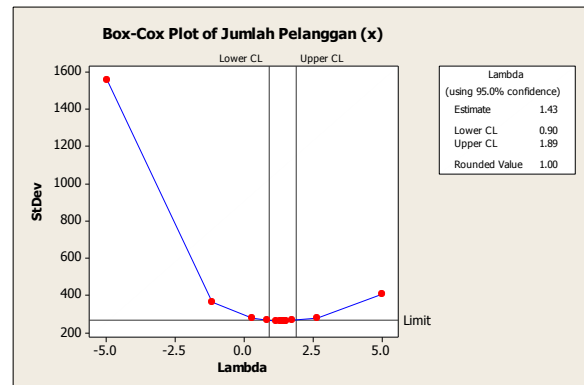
dengan *prewhitening* deret input (jumlah pelanggan untuk sektor rumah tangga)

$$\begin{aligned} \alpha_t = & X_{t-1} + 0.30209X_{t-1} - 0.30209X_{t-2} + 0.40904X_{t-6} \\ & - 0.40904X_{t-7} + 0.20731X_{t-13} \\ & - 0.20731X_{t-14} + a_t + 0.23136a_{t-3} \\ & + 0.26325a_{t-19} \end{aligned}$$

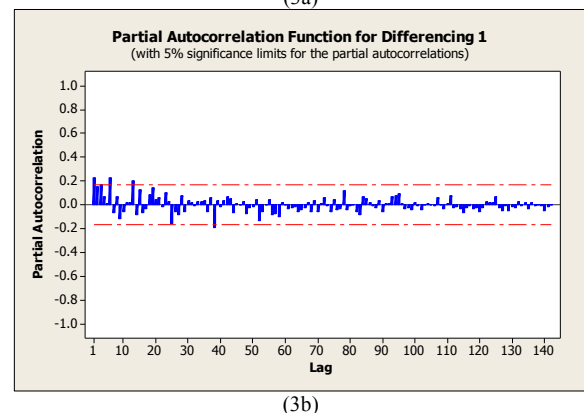
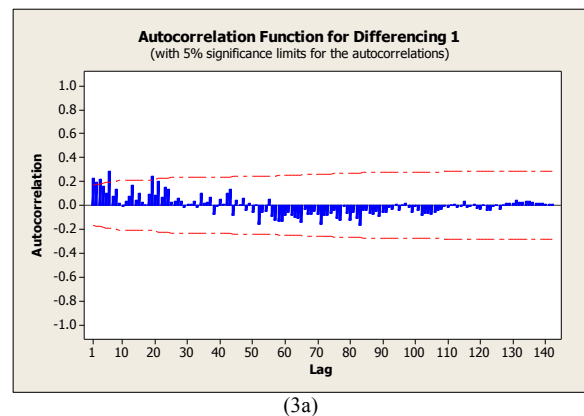
Sedangkan *prewhitening* untuk deret output (pemakaian air untuk sektor rumah tangga)



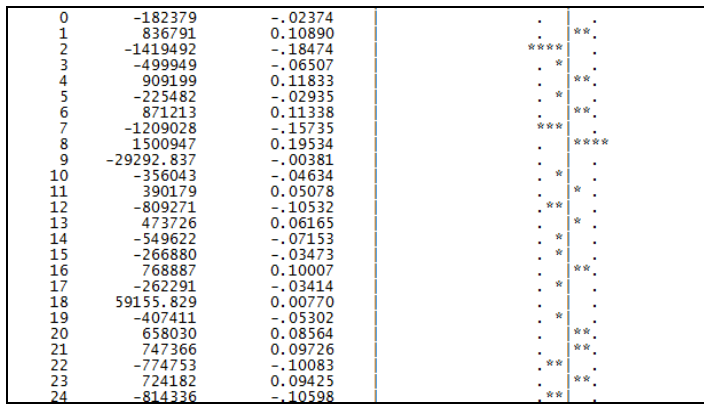
Gambar. 1. *Time Series Plot* Pada Deret Input (Jumlah Pelanggan untuk Sektor Rumah Tangga).



Gambar. 2. *Box-cox Plot* Pada Deret Input (Jumlah Pelanggan untuk Sektor Rumah Tangga).



Gambar. 3. (a) *Plot ACF* Setelah dilakukan *Differencing*, (b) *Plot PACF* Setelah dilakukan *Differencing*.



Gambar. 4. Plot CCF (Crosscorrelation Function).

$$\begin{aligned}\beta_t = & X_{t-1} + 0.30209X_{t-1} - 0.30209X_{t-2} + 0.40904X_{t-6} \\ & - 0.40904X_{t-7} + 0.20731X_{t-13} \\ & - 0.20731X_{t-14} + \beta_t + 0.23136\beta_{t-3} \\ & + 0.26325\beta_{t-19}\end{aligned}$$

Setelah dilakukan *prewhitening* pada deret input dan output, maka langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi (b,s,r) berdasarkan plot CCF (Crosscorrelation Function).

Berdasarkan plot CCF pada gambar 4, dugaan parameter yang digunakan pada model fungsi transfer $b=8$ $s=0$ dan $r=0$ memiliki nilai $p_value < \alpha$, yaitu sebesar 0.0352 berarti parameter signifikan. Pada $b=8$ $s=0$ dan $r=0$ menunjukkan residual model dugaan awal untuk fungsi transfer pada deret input dengan deret output diketahui nilai $P_value < 0.05$ sehingga residual tidak memenuhi asumsi *white noise*.

Pembentukan model ARMA deret noise dengan parameter input dilakukan dengan identifikasi plot ACF dan plot PACF. plot ACF dan PACF dapat diketahui plot ACF terdapat *lag* yang keluar pada pengamatan ke-1,12,24 dan pada plot PACF terdapat *lag* yang keluar pada pengamatan ke-1,6,8,9,11. Sehingga pendugaan sementara dari model ARMA yaitu ARMA ([12,24],1), ARMA ([12],[1,6]), dan ARMA ([12,24],[1,6]). Setelah dilakukan pengujian parameter model fungsi transfer pada deret noise, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan uji *white noise* dan uji normalitas pada model ARMA yaitu ARMA ([12,24],1), ARMA ([12],[1,6]), dan ARMA ([12,24],[1,6]) yang didapatkan hasilnya memenuhi asumsi *white noise*, dan berdistribusi normal. Berdasarkan pemilihan model terbaik pada model fungsi transfer didapatkan nilai AIC terkecil pada model ARMA ([12,24],[1,6]) sebesar 3170.821, sehingga model ARMA ([12,24],[1,6]) layak sebagai model terbaik. Untuk mengetahui keakuratan model dapat dilakukan dengan menghitung nilai MAPE pada model. Nilai MAPE pada model ARMA ([12,24],[1,6]) didapatkan sebesar 2.95%, dimana nilai MAPE menunjukkan persentase kesalahan dalam meramalkan jumlah pelanggan dengan volume pemakaian air.

Secara sistematis model ARMA ([12,24],[1,6]) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned}(1 - \phi_{12}B^{12} - \phi_{24}B^{24})\eta_t &= (1 - \theta_1B - \theta_6B^6)a_t \\ \eta_t &= \frac{(1 - \theta_1B - \theta_6B^6)}{(1 - \phi_{12}B^{12} - \phi_{24}B^{24})}a_t - \omega_0X_{t-8}\end{aligned}$$

Secara umum model fungsi transfer dengan nilai $b=8$, $s=0$, $r=0$ dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y_t = \omega_0X_{t-8} + n_t$$

Tabel 1.

Hasil Peramalan Pada Model Fungsi Transfer	
Periode	Forecast
Januari 2013	1072649.7
Pebruari 2013	1076940.4
Maret 2013	1047519.3
April 2013	1061769.4
Mei 2013	1052265.4
Juni 2013	1077345.8
Juli 2013	1063246.7
Agustus 2013	1082001.5
September 2013	1111190.5
Oktober 2013	1088523.4
Novovember 2013	1095455.8
Desember 2013	1094484.8

$$\begin{aligned}Y_t &= \omega_0 X_{t-8} + \frac{(1 - \theta_1B - \theta_6B^6)}{(1 - \phi_{12}B^{12} - \phi_{24}B^{24})}a_t \\ Y_t &= 16.5332X_{t-8} + \frac{(1 - 0.78301B - 0.21699B^6)}{(1 - 0.25108B^{12} - 0.29836B^{24})}a_t \\ &= 16.5332X_{t-8}(1 - 0.25108B^{12} - 0.29836B^{24}) + (1 - 0.78301B - 0.21699B^6)a_t \\ Y_t - 0.25108Y_{t-12} - 0.29836Y_{t-24} &= 16.5332X_{t-8} - 4.1511X_{t-20} - 4.9328X_{t-32} \\ &+ a_t - 0.78301a_{t-1} - 0.21699a_{t-6} \\ Y_t &= 0.25108Y_{t-12} + 0.29836Y_{t-24} + 16.5332X_{t-8} \\ &- 4.1511X_{t-20} - 4.9328X_{t-32} + a_t \\ &- 0.78301a_{t-1} - 0.21699a_{t-6}\end{aligned}$$

B. Peramalan Pada Deret Output (Volume Pemakaian Air)

Hasil peramalan volume pemakaian air berdasarkan model fungsi transfer pada bulan Juni 2013-Desember 2013 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. menunjukkan hasil ramalan volume pemakaian air pada bulan Januari 2013-Desember 2013. Hasil ramalan menunjukkan bahwa volume pemakaian air mengalami kenaikan dan penurunan dimana pemakaian air tertinggi pada bulan September 2013 sebesar 1111190.5 m³ dan pemakaian air terendah pada bulan Maret 2013 sebesar 1047519.3 m³.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian yaitu :

1. Model ARMA pada data volume pemakaian air dengan menggunakan Fungsi Transfer pada periode bulan Januari 2000-Desember 2012 adalah model ([12,24],[1,6]) dengan persamaan :

$$\begin{aligned}Y_t &= 0.25108Y_{t-12} + 0.29836Y_{t-24} + 16.5332X_{t-8} \\ &- 4.1511X_{t-20} - 4.9328X_{t-32} + a_t \\ &- 0.78301a_{t-1} - 0.21699a_{t-6}\end{aligned}$$

2. Nilai ramalan dari pemodelan volume pemakaian air pada periode bulan Januari 2013-Desember 2013 menunjukkan bahwa pemakaian air tertinggi pada bulan September 2013 sebesar 1111190.5 m³ dan pemakaian air terendah pada bulan Maret 2013 sebesar 1047519.3 m³.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astyarini, Agatha. (2012). Makalah Air Bersih. <http://athaagatha.wordpress.com/2012/11/28/makalah-air-bersih/>.
- [2] Anonim. (2013). Aspek Kesehatan Penyediaan Air Bersih. <http://www.indonesian-publichealth.com/2013/03/aspek-kesehat-an-penyediaan-air-bersih.html>.
- [3] Malik, Abdul. (2013). Pemkab Gresik akan Evaluasi Kinerja Dirut PDAM. <http://antarajatim.com/lihat/berita/103681/-pembkab-gresik-akan-evaluasi-kinerja-dirut-pdam>.
- [4] Anonim. (2012). Air Bersih Di Gresik Sulit Didapat. <http://suarakawan.com/01/08/2012/air-bersih-di-gresik-sulit-didapat/>
- [5] Wei, W.W.S., (2006), *Time Analysis Univariate And Multivariate Methods*, Addison Wesley Publishing Company, Inc. America.
- [6] Aulia, F.P.,(2012), Peramalan Volume Distribusi Air Di Pdam Kabupaten Bojonegoro Dengan Metode Arima Box-Jenkins, Laporan Tugas Akhir, FMIPA-ITS, Surabaya.
- [7] Handayani, Tias, (2011), Analisis Peramalan Terhadap Volume Pemakaian Air di PT.Ang-kasa Pura I Juanda Surabaya, Laporan Tugas Akhir, FMIPA-ITS, Surabaya.
- [8] Aristia, Rifki, (2011), Peramalan Produksi Air De-Ngan Metode Arima Di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Surabaya, Laporan Tugas Akhir, FMIPA-ITS, Surabaya.
- [9] Anam, Fachrul, (2010), Analisis Fungsi Transfer Untuk Meramalkan Volume Air Di Waduk Pacal Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur, Laporan Tugas Akhir, FMIPA-ITS, Surabaya.
- [10] Yusmiharti, Candra, (2009), Peramalan Volume Konsumsi Air Pdam Kota Surabaya Dengan Metode Regresi Runtun Waktu, Laporan Tugas Akhir, FMIPA-ITS, Surabaya.